

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-171404
(P2000-171404A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 N 21/88		G 0 1 N 21/88	6 4 5 A 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	A 2 G 0 5 1
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-343220

(22) 出願日 平成10年12月2日 (1998.12.2)

(71) 出願人 000151494

株式会社東京精密

東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号

(72) 発明者 桑原 雅之

東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号 株式

会社東京精密内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

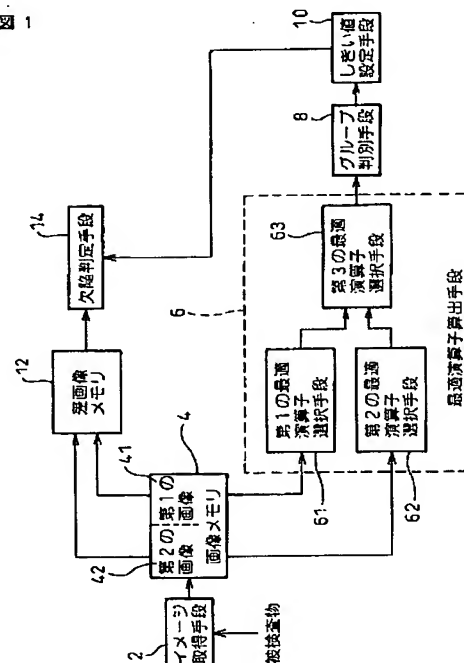
(54) 【発明の名称】 半導体集積装置のパターン検査装置及びパターン検査方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体集積装置のパターンの配線間のスペース領域における致命的な欠陥を精度良く検出する。

【解決手段】 欠陥ダイと参照ダイのパターンの2値化画像から、行方向及び列方向の少なくとも一方に細長い画像を所定数画素毎に順次取り出して、該細長い画像毎に、各画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を算出し、算出されたグループ化用演算子に応じて画素の各々をグループ化し、グループ毎に、欠陥を検出するための最適しきい値を設定し、最適しきい値を差画像のグレイレベル差と比較することにより配線間にある欠陥を検出するようにした、半導体集積装置のパターン検査装置及びパターン検査方法。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1及び第2の半導体集積装置上のパターンを走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得するイメージ取得手段と、
前記画素毎のグレイレベルを格納する画像メモリと、
前記画像メモリから、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に配列された2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を前記所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる1つの画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を、該細長い画像に含まれるすべての画素のグレイレベルに基づいて算出する最適演算子算出手段と、
前記グループ化用演算子に応じて前記画素の各々をグループ化するためのグループ判別手段と、
前記第1及び第2の半導体集積装置の対応する画素毎のグレイレベル差を格納する差画像メモリと、
前記グループ毎に、前記グレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適しきい値を設定する手段と、
前記最適しきい値を前記差画像メモリ内の差画像の各画素の前記グレイレベル差と比較することにより前記第1及び第2の半導体集積装置の何れかの欠陥を検出する欠陥判定手段と、を備える、半導体集積装置のパターン検査装置。

【請求項2】 前記最適演算子算出手段は、前記第1及び第2の半導体集積装置の行及び列のそれぞれについて、
前記細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの平均値を算出する行方向ミーンフィルタ及び列方向ミーンフィルタと、
前記細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの最大値と最小値との差であるレンジ値を算出する行方向レンジフィルタ及び列方向レンジフィルタと、
前記行方向ミーンフィルタの出力と前記列方向ミーンフィルタの出力とのうち小さい値を選択する小ミーン値選択手段と、
前記行方向レンジフィルタの出力と前記列方向レンジフィルタの出力とのうち小さい値を選択する小レンジ値選択手段と、を備え、
前記最適演算子算出手段はさらに、
前記第1の半導体集積装置についての前記小ミーン値選択手段の出力と前記第2の半導体集積装置についての前記小ミーン値選択手段の出力とのうち小さい値を選択する第1の選択手段と、
前記第1の半導体集積装置についての前記小レンジ値選択手段の出力と前記第2の半導体集積装置についての前記小レンジ値選択手段の出力とのうち小さい値を選択する第2の選択手段と、を備え、
前記第1及び第2の選択手段の出力に基づいて前記グループ判別手段は前記画素の各々をグループ化するように

した、請求項1に記載のパターン検査装置。

【請求項3】 n を2以上の整数とすると、前記行方向ミーンフィルタ及び前記行方向レンジフィルタはそれぞれ、 $n \times 1$ フィルタであり、前記列方向ミーンフィルタ及び前記列方向レンジフィルタはそれぞれ、 $1 \times n$ フィルタである、請求項2に記載のパターン検査装置。

【請求項4】 前記グループ判別手段は、前記グループ化用演算子に対応するグループを予め登録したルックアップテーブルを備える、請求項1から3のいずれか一項に記載のパターン検査装置。

【請求項5】 第1及び第2の半導体集積装置上のパターンをイメージ取得手段により走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得するステップと、
前記画素毎のグレイレベルを画像メモリに格納するステップと、
前記画像メモリから、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に配列された2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を前記所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる1つの画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を、該細長い画像に含まれるすべての画素のグレイレベルに基づいて算出するステップと、
前記グループ化用演算子に応じて前記画素の各々をグループ化するステップと、
前記第1及び第2の半導体集積装置の対応する画素毎のグレイレベル差を差画像メモリに格納するステップと、
前記グループ毎に、前記グレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適しきい値を設定するステップと、
前記最適しきい値を前記差画像メモリ内の差画像の各画素のグレイレベル差と比較することにより前記第1及び第2の半導体集積装置の何れかの欠陥を検出するステップと、を備える、半導体集積装置のパターン検査方法。

【請求項6】 前記最適な演算子を算出するステップは、前記第1及び第2の半導体集積装置の行及び列のそれぞれについて、
前記細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの平均値を行方向ミーンフィルタ及び列方向ミーンフィルタにより算出するステップと、
前記細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの最大値と最小値との差であるレンジ値を行方向レンジフィルタ及び列方向レンジフィルタにより算出するステップと、
前記行方向ミーンフィルタの出力と前記列方向ミーンフィルタの出力とのうち小さい値を小ミーン値選択手段により選択するステップと、
前記行方向レンジフィルタの出力と前記列方向レンジフィルタの出力とのうち小さい値を小レンジ値選択手段により選択するステップと、を備え、
前記最適な演算子を算出するステップはさらに、
前記第1の半導体集積装置についての前記小ミーン値選

択手段の出力と前記第2の半導体集積装置についての前記小ミーン値選択手段の出力とのうち小さい値を第1の選択手段により選択するステップと、

前記第1の半導体集積装置についての前記小レンジ値選択手段の出力と前記第2の半導体集積装置についての前記小レンジ値選択手段の出力とのうち小さい値を第2の選択手段により選択するステップと、を備え、
前記画素の各々をグループ化するステップは、前記第1及び第2の選択手段の出力に基づいて前記グループ判別手段により前記画素の各々をグループ化するステップを含む、請求項5に記載のパターン検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体集積装置のパターン検査装置及びパターン検査方法に関し、特に、半導体ウエハ、フォトマスク等の表面を光学的又は電子光学的に検査して欠陥を検出する半導体集積装置の外観検査装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積装置の外観検査装置として、従来は、隣接する2つの半導体集積装置（以下ダイと称する）を撮像して得られた画像を画素毎に比較して、不一致の場合に欠陥と判定するものが広く知られている。この従来の外観検査装置によるパターン検査方法を説明する。まず、光学式顕微鏡とTDI (Time Delay Integration)等の撮像素子を組み合わせた撮像装置により、第1のダイ（欠陥ダイ）上を行方向に連続的に走査しながら多値化された画像を取得し、これを画像メモリに保存する。次いで、第1のダイに隣接する第2のダイ（参照ダイ）の多値化画像も同様に取得して画像メモリに格納する。次いで、一定のフレーム単位毎に、これら二つの画像の対応する画素のグレイレベルを画素単位で順次比較して、予め設定された固定のしきい値を越えるグレイレベル差を持つ画素を欠陥候補と認識する。多くの外観検査工程においては、このように固定のしきい値との比較による検査でも十分に欠陥を検出できる感度が得られていた。

【0003】一方、近年、半導体デバイスのデザインルールの縮小に伴って、外観検査装置に要求される欠陥検出感度がより高くなってきている。要求される感度が高くなればなるほど、被検査物である半導体集積装置上の色むらが少ないことや、配線用の金属上の凹凸によるメタルグレイン等のプロセスノイズも低いことが望まれるが、実際にはさほど改善されていない場合が多い。同じメタル配線領域の画像でも、メタルグレインの多い場所のほうがメタルグレインの少ない場所よりも光の散乱が多く、光の散乱が多いと顕微鏡対物レンズへの入射光量は減少するので、メタルグレインの多い場所の方がグレイレベルが低くなる。このようなプロセスノイズは、いわゆるキラ欠陥といわれる配線間のショートのような

致命的な欠陥ではないので、欠陥として検出したくない。しかし、上記のように、プロセスノイズの存在する領域においても二つの比較対象画像の差画像に対して、固定のしきい値を適用したのでは、一部に存在するプロセスノイズを欠陥と認識してしまうことになり、全体の欠陥検出感度が低下する事が多くなってきた。

【0004】そこで、TDI走査により得られる画像のグレイレベルに応じて、明るい場所（グレイレベルの高いメタル配線領域）には高いしきい値を設定し、暗い場所（グレイレベルの低い金属配線間のスペース領域）には低いしきい値を設定することにより、メタル配線領域におけるメタルグレイン等のプロセスノイズは欠陥として検出しないようにし、且つ、スペース領域にある配線間をショートさせるような致命的な欠陥は確実に検出しようとする試みがなされてきた。具体的には、二つの比較対象画像の各々について、各画素を中心にしてその周辺画素を含む正方形の範囲、例えば、 3×3 の画素の範囲で求めたグレイレベルの平均値（以下ミーン値と呼ぶ）と、同範囲内のグレイレベルの最大値と最小値の差（以下レンジ値と呼ぶ）の二つの少なくとも一方に基づいて、ミーン値及び／又はレンジ値に対応する最適なしきい値を差画像に適用していた。これにより、各画素について周辺画素のグレイレベルが反映されているミーン値及び／又はレンジ値に対応したしきい値が与えられるので、全体的な欠陥検出感度は向上する。

【0005】この 3×3 のミーンフィルタ及びレンジフィルタによる従来のグループ化の技術をさらに詳細に説明する。図15は例えば配線幅及び配線間のスペース幅が共に $0.35 \mu\text{m}$ のメタル配線パターンを $0.20 \mu\text{m}$ ピクセルサイズの画素で取り込んだ時の画像を示す図である。図において、151～154はそれぞれメタル配線領域の画像であり、155～158はそれぞれ配線間のスペース領域の画像である。左側の数字1～10は画素の行番号を示し、上側の数字1～14は画素の列番号を示す。各画素の位置は行番号をa、列番号をbとすると(a, b)で表すことにする。説明を簡単にするために、メタル配線領域151～154内にはメタルグレインが全く存在しない理想的な状態が便宜上図示されている。メタル配線領域151～154内の列3、7、10、14のようにメタル配線のみからなる最も明るい領域の画素の明るさを示すグレイレベルは225で表されており、スペース領域155～158内の列1、5、8、12のようにスペース領域のみからなる最も暗い領域の画素列の明るさを示すグレイレベルは25で表されている。列2、4、6、9、11、13のように、メタル配線領域とスペース領域とを共有する中間の明るさの領域の画素列の明るさを示すグレイレベルは、その画素内に存在するメタル配線領域とスペース領域との面積の比に応じたグレイレベルで表されている。例えば、列6内の画素のグレイレベルは175、列9内のグレイレベ

ルは75、列11内のグレイレベルは125で表されている。実際には、被検査物を撮像した場合はかならずしも画素列毎に一定のグレイレベルになるとは限らず、メタル配線領域におけるメタルグレイ等のプロセスノイズがある場合や、明るい領域と暗い領域の境界における素子構造による段差部において入射光が散乱することにより、段差部が図15に示したグレイレベルよりも一層暗くなることが多い。

【0006】従来技術では例えば3×3といった正方形のミーンフィルタ及びレンジフィルタの少なくとも一つを用いて、各画素におけるその画素の周辺の画素とのグレイレベルのミーン値又はグレイレベルの最大値と最小値との差を求め、その求めた値により各画素をグループ化して、各グループ毎に対応したしきい値を与えていた。

【0007】図16は前述した理想的な画像である図15の画像に対して従来の3×3ミーンフィルタを適用することにより得られた各画素を中心とする周辺画素のグレイレベルのミーン値を示す図である。例えば図16における(2, 2)の位置にある画素はグレイレベルのミーン値“108”を持っていると図示されている。これは図15における(2, 2)の位置を中心とする3×3の合計9個の周辺の画素のグレイレベルの平均値 $\{(25 \times 3 + 75 \times 3 + 225 \times 3) / 9 = 108.3\}$ として得られている。他の画素のグレイレベルのミーン値も同様の手法で得られる。各画素におけるグレイレベルをそのまま採用してしきい値を設定する代わりに、グレイレベルのミーン値を採用することにより画像のノイズレベルや明暗といった局所的性質に対応する最適なしきい値を設定し、それにより全体的な欠陥検出感度を向上させようとしている。

【0008】図17は図15の画像に対して従来の3×3レンジフィルタを適用することにより得られた各画素を中心とする周辺画素のグレイレベルの最大値と最小値との差であるレンジ値を示す図である。例えば図17における(2, 2)の位置にある画素はグレイレベルの最大値と最小値との差“200”を持っていると図示されている。これは図15における(2, 2)の位置を中心とする3×3の合計9個の周辺の画素のグレイレベルの最大値“225”と最小値“25”との差として得られている。他の画素のグレイレベルのレンジ値も同様の手法で得られる。各画素におけるグレイレベルをそのまま採用してしきい値を設定する代わりに、画像のノイズレベルや明暗といった局所的性質に応じたレンジ値を採用し、そのレンジ値に対応する最適なしきい値を設定することにより全体的な欠陥検出感度を向上させようとしている。

【0009】被検査物の性質や欠陥として検出したい対象に応じて、図16のミーン値と図17のレンジ値の少なくとも一方を使用する。このように、各画素について

その画素の周辺の画素のグレイレベルのミーン値又はレンジ値を割り当てることにより、プロセスノイズによるグレイレベルの変動に大きく影響されないようにして、欠陥検出感度の向上を図っている。

【0010】ところで、外観検査において、一般に最も興味ある欠陥種は致命的な欠陥となるメタル配線間のショートであり、この種の欠陥を検出することが外観検査装置には必須である。この種の致命的な欠陥を検出するためには、スペース領域を確実に認識できる必要がある。スペース領域を認識できれば、そのスペース領域に対して適切なしきい値を設定するとにより欠陥を確実に検出できる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の3×3のような正方形のミーンフィルタやレンジフィルタを用いたのでは、以下に詳細に説明するように、スペース領域を他の領域から適切にグループ化できないので、スペース領域における配線間ショートのような致命的な欠陥の検出が困難であるという問題がある。

【0012】即ち、近年の半導体デバイスのデザインルールによれば、メタル配線領域の幅及びスペース領域の幅は図15に示したような0.35μm程度の大きなものから0.18μmへとさらなる微細化が進んでいる。一方、明視野顕微鏡を用いた外観検査で使用される画素サイズの値は図15に示したように0.20μm程度が一般的である。ここで画素サイズとは画像を取り込んだ際の1画素に対応するウエハ上の大きさであり、言い換えれば解像度ということもできる。

【0013】しかしながら、デザインルールの微細化が進んでくると、従来のように3×3といった正方形の範囲でミーン値及びレンジ値を求めたのでは、その正方形の領域内にメタル配線領域の画像とスペース間の画像が入ってしまうことになる。例えば、図16の例では、画素列5のスペース領域のミーン値の計算では列4の配線領域の一部と列6の配線領域の一部とがミーン値の計算に影響を与えてしまう。図17に示したレンジの例でも同様である。このため、同一の性質を持つ領域については同じミーン値又は同じレンジ値が得られることが望ましいにもかかわらず、例えば、図16においては列5のスペース領域におけるグレイレベルのミーン値は“92”であり、列8のスペース領域におけるグレイレベルのミーン値は“108”となっていて、同じスペース領域にもかかわらず、大きく異なるミーン値となっている。同様に図17においては列5のスペース領域におけるグレイレベルのレンジ値は“150”であり、列8のスペース領域におけるグレイレベルのレンジ値は“200”となっていて、同じスペース領域にもかかわらず、大きく異なるレンジ値となっている。このため、従来技術による正方形のフィルタを用いたのでは、メタル配線領域の間のスペース領域を表現するために、例えばミーン値が

90から110で、レンジ値が145から205の領域、というように大きな範囲を持ったグループの定義をする必要がある。

【0014】また、図15に示したラインアンドスペースの画像はノイズを全く含んでいないが、実際にはプロセスノイズが存在する事により、各画素列のグレイレベルは図15に示したように均一にはならない。即ち、実際のメタル配線では、メタル間に挟まれたスペース領域のノイズレベルはグレイン等による影響はないので比較的低い、メタル配線領域ではメタル配線上にランダムにグレインが存在しているのでノイズレベルが高い。このため、ミーン値及びレンジ値はこれらのノイズにより大きく変動することがあり、同じ性質の領域のミーン値及びレンジ値は図16及び図17に示したものとより大きく変動すると、各領域におけるミーン値及びレンジ値の範囲は一層大きくなる。

【0015】このように大きな範囲において、ミーン値やレンジ値を求め、グループ化しようとしても、グループ化の精度が低いためにスペース間の配線間ショートといった致命的欠陥を検出するための最適なきい値を設定することが困難である。この現象は特にレンジ値において顕著に起こり、同じレンジ値“200”であったとしても、スペース領域の“200”であるのか、メタル配線領域における“200”であるのかの区別が付かない。この場合はレンジ値が全く利用できない事になる。以上の理由により、従来の 3×3 等の正方形のフィルタを用いたのでは、スペース領域を選択的に精度良くグループ化することができず、したがって、欠陥検出感度を大きく向上させることは困難であった。

【0016】本発明の目的は、上記従来技術における問題に鑑み、半導体集積装置のパターン検査装置及びパターン検査方法において、縦又は横方向に配線されているパターンの方向を考慮した細長いフィルタを採用することにより、ノイズレベルの低いスペース領域を比較的小さいミーン値又はレンジ値の範囲でグループ分けすることを可能にし、それにより高感度で致命的な欠陥を検出可能にすることにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の一態様により提供されるものは、第1及び第2の半導体集積装置上のパターンを走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得するイメージ取得手段と、画素毎のグレイレベルを格納する画像メモリと、画像メモリから、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に配列された2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる1つの画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を、該細長い画像に含まれるすべての画素のグレイレベルに基づいて算出する最適演算子算出手段と、グループ化用演算子に応じ

て画素の各々をグループ化するためのグループ判別手段と、第1及び第2の半導体集積装置の対応する画素毎のグレイレベルの差を格納する差画像メモリと、グループ毎に、グレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適なきい値を設定する手段と、最適なきい値を差画像メモリ内の差画像の各画素のグレイレベルの差と比較することにより第1及び第2の半導体集積装置の何れかの欠陥を検出する欠陥判定手段とを備える、半導体集積装置のパターン検査装置である。

【0018】最適演算子算出手段は、第1及び第2の半導体集積装置の行及び列のそれぞれについて、細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの平均値を算出する行方向ミーンフィルタ及び列方向ミーンフィルタと、細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる画素のグレイレベルの最大値と最小値との差であるレンジ値を算出する行方向レンジフィルタ及び列方向レンジフィルタと、行方向ミーンフィルタの出力と列方向ミーンフィルタの出力とのうち小さい値を選択する小ミーン値選択手段と、行方向レンジフィルタの出力と列方向レンジフィルタの出力とのうち小さい値を選択する小レンジ値選択手段と、を備え、最適演算子算出手段はさらに、第1の半導体集積装置について的小ミーン値選択手段の出力と第2の半導体集積装置について的小ミーン値選択手段の出力とのうち小さい値を選択する第1の選択手段と、第1の半導体集積装置について的小レンジ値選択手段の出力と第2の半導体集積装置について的小レンジ値選択手段の出力とのうち小さい値を選択する第2の選択手段と、を備え、第1及び第2の選択手段の出力に基づいてグループ判別手段は画素の各々をグループ化するようにすることが好ましい。

【0019】好ましくは、 n を2以上の整数とすると、行方向ミーンフィルタ及び行方向レンジフィルタはそれぞれ、 $n \times 1$ フィルタであり、列方向ミーンフィルタ及び列方向レンジフィルタはそれぞれ、 $1 \times n$ フィルタである。グループ判別手段は、グループ化用演算子に対応するグループを予め登録したルックアップテーブルを備えることが好ましい。

【0020】本発明の他の態様により、第1及び第2の半導体集積装置上のパターンをイメージ取得手段により走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得するステップと、画素毎のグレイレベルを画像メモリに格納するステップと、画像メモリから、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に配列された2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、該細長い画像に含まれる1つの画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を、該細長い画像に含まれるすべての画素のグレイレベルに基づいて算出するステップと、グループ化用演算子に応じて画素の各々をグループ化するステップと、第1及び第2の半導体集積装置の対応する画素毎のグレイ

レベル差を差画像メモリに格納するステップと、グループ毎に、グレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適しきい値を設定するステップと、最適しきい値を差画像メモリ内の差画像の各画素のグレイレベル差と比較することにより第1及び第2の半導体集積装置の何れかの欠陥を検出するステップと、を備える、半導体集積装置のパターン検査方法が提供される。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面により説明する。図1は本発明の一実施の形態による半導体集積装置のパターン検査装置を示すブロック図である。図において、パターン検査装置は、イメージ取得手段2と、画像メモリ4と、最適演算子算出手段6と、グループ判別手段8と、しきい値設定手段10と、差画像メモリ12と、欠陥判定手段14とを備えている。

【0022】イメージ取得手段2は、被検査物である第1及び第2の半導体集積装置上のパターンを走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得するイメージ取得手段である。第1及び第2の半導体集積装置とは、検査工程上で隣接する2つのダイである。これらを便宜上、参照ダイと欠陥ダイという。画像メモリ4は、イメージ取得手段2により得られた画像の画素毎のグレイレベルを格納する。画像メモリ4には欠陥ダイの画像である第1の画像41と参照ダイの画像である第2の画像42とが格納される。

【0023】最適演算子算出手段6は、本発明の実施の形態により提供されるものであって、画像メモリ4から、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、各画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を算出する。最適演算子算出手段6は、第1の画像に基づいて最適演算子を選択する第1の最適演算子選択手段61の出力と、第2の画像に基づいて最適演算子を選択する第2の最適演算子選択手段62と、第1の最適演算子選択手段61の出力と第2の最適演算子選択手段62の出力とから、最適な演算子を選択する第3の最適演算子選択手段63とを備えている。最適演算子算出手段6の構成については図2により後に詳述する。

【0024】グループ判別手段8は、画素の各々の最適演算子がどのグループに属するかを、ミーン値及びレンジ値とに対応するグループを予め定義してあるルックアップテーブルや関数を用いて判定する。しきい値設定手段10は、差画像メモリ12に格納されているグレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適しきい値をグループ毎に設定する。差画像メモリ12は、第1及び第2の半導体集積装置の対応する画素毎のグレイレベル差を格納する。欠陥判定手段14は、しきい値設定手段10から出力される最適しきい値を差画像メモリに格納されている差画像における各画素のグレイレベル差と比

較することにより第1又は第2の半導体集積装置の欠陥を検出する。

【0025】図2は図1に示した最適演算子算出手段6の一実施の形態を示すブロック図である。図において、図1に示した第1の最適演算子選択手段61は、 $1 \times n$ のミーンフィルタ611と、 $n \times 1$ のミーンフィルタ612と、 $1 \times n$ のレンジフィルタ613と、 $n \times 1$ のレンジフィルタ614と、小ミーン値選択手段615と小レンジ値選択手段616とからなっている。

【0026】同様に、第2の最適演算子選択手段62は、 $1 \times n$ のミーンフィルタ621と、 $n \times 1$ のミーンフィルタ622と、 $1 \times n$ のレンジフィルタ623と、 $n \times 1$ のレンジフィルタ624と、小ミーン値選択手段625と小レンジ値選択手段626とからなっている。上記の n は2以上の整数である。フィルタは $1 \times n$ 又は $n \times 1$ としたが、本発明はこれに限定されず、イメージ取得手段の解像度が向上すれば、 $m \times n$ 又は $n \times m$ の細長いフィルタでもよい。ここで m 及び n は2以上の整数であり、 $m < n$ である。

【0027】第3の最適演算子選択手段63は、第1の選択手段631と、第2の選択手段632とからなっている。図3は図1及び図2に示したパターン検査装置によるパターン検査方法を説明するフローチャートである。以下に本発明の実施の形態によるパターン検査方法を説明する。

【0028】まず、ステップS31で2つの被検査ダイ（欠陥ダイと参照ダイ）上のパターンを走査して画素毎にグレイレベルが多値化された画像を取得し、画素毎のグレイレベルを画像メモリ4に格納する。次にステップS32で、最適演算子算出手段6は、画像メモリ4から、行方向及び列方向の少なくとも一方の方向に2以上の連続する所定数の画素からなる細長い画像を所定数単位に順次取り出して、該細長い画像毎に、各画素のグループ化に最適なグループ化用演算子を算出する。

【0029】次にステップS33で、グループ判別手段8は、画素の各々の最適演算子が例えばルックアップテーブル内のどのグループに属するかを判定する。次いでステップS34で、しきい値設定手段10は、グループ毎に、グレイレベル差と比較して欠陥を検出するための最適しきい値を設定する。次いでステップS35で、しきい値設定手段10により各グループ毎に設定された最適しきい値を差画像メモリ12に格納されている差画像における各画素のグレイレベル差と比較することにより第1及び第2の半導体集積装置の欠陥を判定する。

【0030】なお、欠陥ダイと参照ダイの対応する画素毎のグレイレベル差を差画像メモリ12に格納するステップは、ステップS31からステップS35の間のどの段階で行ってもよい。

【0031】

【実施例】次に、図2に示した $1 \times n$ 及び $n \times 1$ の細長

い画像を得るフィルタ611~614及び621~624として、1×3フィルタ及び3×1フィルタを用いた場合の本発明の実施例を図4から図11により説明する。図4の(a)は欠陥ダイの画像のグレイレベルを示す図であり、図4の(b)は参照ダイの画像のグレイレベルを示す図である。図15に示した画像との相違は、図15においてはノイズが全くない画像であったのに対し、図4においてはメタル配線領域の画像に疑似的なメタルグレイをランダムに付加した場合の画像を示している。即ち、欠陥ダイ及び参照ダイのメタル配線領域のメタルグレイが存在する画素のグレイレベルは225からメタルグレイの大きさに応じて減少した値となっている。これらのメタルグレイは単なるプロセスノイズであって、欠陥として検出すべきものではない。

【0032】一方、欠陥ダイの(4, 4)、(4, 5)、及び(4, 6)の位置の画素には配線間ショートをもたらす欠陥40が存在する。この欠陥40は、例えばスペース領域に存在する金属の髭状のものである。この欠陥40の存在により、上記(4, 4)、(4, 5)、及び(4, 6)の位置の画素のグレイレベルはそれぞれ、125から140に、25から55に、及び175から185に増加しているものとする。

【0033】本発明の実施例によれば、以下に詳述するように、メタル配線領域に存在するメタルグレイ等のプロセスノイズは検出しないで、スペース領域に存在する上記欠陥40を確実に検出する。このために、先ず、細長い画像を出力するフィルタを用いて、配線パターンの方向を検出し、その中のスペース領域をグループ分けする。以下にこれを詳細に説明する。

【0034】図5の(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を1×3のミーンフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。図において、欠陥ダイの例えば(4, 5)の位置にある画素の列方向ミーン値“35”は、図4の同じ位置の画素を中心とする縦方向に長い1×3の画素のグレイレベルの平均値 $\{(25+55+25)/3=35\}$ である。他の画素の列方向ミーン値も同様に計算されている。第1行および第10行の画素の列方向ミーン値が示されていないのは、図4において第0行及び第11行が存在しないので平均値を計算できないからである。

【0035】図6の(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を3×1のミーンフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。図において、欠陥ダイの例えば(4, 4)の位置にある画素の行方向ミーン値“128”は、図4の同じ位置の画素を中心とする横方向に長い3×1の画素のグレイレベルの平均値 $\{(190+140+55)/3=128.33\}$ である。他の画素の行方向ミーン値も同様に計算されている。第1列及び第7列の画素の行方向ミーン値が示されていないのは、図4において第0列及び第

8列が存在しないので平均値を計算できないからである。

【0036】図7の(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を1×3のレンジフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。図において、欠陥ダイの例えば(4, 4)の位置にある画素の列方向レンジ値“75”は、図4の同じ位置の画素を中心とする縦方向に長い1×3の画素のグレイレベルのレンジ値 $(140-65=75)$ である。他の画素の列方向レンジ値も同様に計算されている。第1行及び第10行の画素の列方向レンジ値は、列方向ミーン値と同じ理由から計算できない。

【0037】図8の(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を3×1のレンジフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。図において、欠陥ダイの例えば(4, 4)の位置にある画素のグレイレベル“135”は、図4の同じ位置の画素を中心とする横方向に長い3×1の画素のグレイレベルのレンジ値 $(190-55=135)$ である。他の画素のグレイレベルも同様に計算されている。第1列及び第10行の画素の行方向レンジ値は、行方向ミーン値と同じ理由から計算できない。

【0038】欠陥ダイの各画素について、図2の小ミーン値選択手段615により、図5の(a)及び図6の(a)に示された欠陥ダイのグレイレベルのミーン値のうち小さい値を選択する。こうして選択された結果を図9の(a)に示す。図9の(a)において、例えば、(4, 4)の位置にある画素の選択された値“98”は、図5の同じ位置の値“98”と図6の同じ位置の値“128”のうち小さい値“98”を示す。他の画素の選択値も同様に表されている。

【0039】同様に、参照ダイの各画素について、図2の小ミーン値選択手段625により、図5の(b)及び図6の(b)に示されたグレイレベルのミーン値のうち小さい値を選択する。こうして選択された結果を図9の(b)に示す。図9の(b)において、例えば、(4, 4)の位置にある画素の選択された値“99”は、図5の同じ位置の値“113”と図6の同じ位置の値“99”のうち小さい値“99”を示す。他の画素の選択値も同様に表されている。レンジ値についても、欠陥ダイの各画素について、図2の小レンジ値選択手段616により、図7の(a)及び図8の(a)に示されたグレイレベルのレンジ値のうち小さい値を選択する。こうして選択された結果を図10の(a)に示す。図10の(a)において、例えば、(4, 4)の位置にある画素の選択された値“75”は、図7の同じ位置の値“75”と図8の同じ位置の値“135”のうち小さい値“75”を示す。他の画素の選択値も同様に表されている。

【0040】同様に、参照ダイの各画素について、図2の小レンジ値選択手段626により、図7の(b)及び

図8の(b)に示されたグレイレベルのレンジ値のうち小さい値を選択する。こうして選択された結果を図10の(b)に示す。図10の(b)において、例えば、(4, 4)の位置にある画素の選択された値“35”は、図7の同じ位置の値“35”と図8の同じ位置の値“122”のうち小さい値“35”を示す。他の画素の選択値も同様に表されている。

【0041】図9及び図10における各画素の値として縦方向のフィルタの出力のミーン値及びレンジ値と横方向のフィルタの出力のミーン値及びレンジ値のうちそれぞれどちらか小さい値を選択した理由は、小さい値の方がパターンの配列方向における平均値又はレンジ値をより精度良く表していると考えられるからである。この手法は、被検査物である半導体集積装置がプロセッサ等のロジック系デバイスのように比較的小さい領域において、縦方向に延びるパターンが横方向に延びるパターンに切り替わるものあるいはその逆に切り替わるものにおいて、特に有効である。

【0042】こうして得られた図9に示す小ミーン値を予め作成してある参照テーブルの値と比較して各画素をグループ分けするが、その場合に、欠陥ダイの値と参照ダイの値のいずれを採用するかを決定するのが図2に示した小ミーン値選択手段631である。つまり、小ミーン値選択手段631は、各画素について、図9に示す欠陥ダイと参照ダイのミーン値のうち更に小さい方をその画素のグループ化に最適なグループ化用演算子として選択する。こうして選択された画素のミーン値を図11の(a)に示す。図11の(a)において、例えば、(4, 4)の位置の画素については、図9に示す欠陥ダイのミーン値は“98”であり、参照ダイのミーン値は“99”なので、小さい方のミーン値“98”が選択されている。他の画素についても同様である。

【0043】同様にレンジ値についても、欠陥ダイの値と参照ダイの値のうち小さい値を画素のグループ化に最適なグループ化用演算子として図2に示した小レンジ値選択手段632により選択する。こうして選択された画素のレンジ値を図11の(b)に示す。図11の(b)において、例えば、(4, 4)の位置の画素については、図10に示す欠陥ダイのレンジ値は“75”であり、参照ダイのレンジ値は“35”なので、小さい方のレンジ値“35”が選択されている。他の画素についても同様である。

【0044】このように、欠陥ダイと参照ダイの対応する画素のミーン値のうち小さい値、及び対応する画素のレンジ値のうち小さい値を選択する理由は、本例で注目しているメタル配線間の微小欠陥を検出するに当たり、小さい値を選ぶという簡便な方法でより精度高く、メタル配線間の領域をグループ化できるからである。次に、こうして得られた画像の各画素のミーン値及びレンジ値が、図12に示すグループ分け用ルックアップテーブル

のどの範囲に属しているかを、図1のグループ判別手段8により判別して、各画素をグループ分けする。ルックアップテーブルの内容は、欠陥検出のために最適のグループ化が可能ないように予め作成しておく。例えば(2, 2)の位置にある画素のミーン値は“75”でレンジ値は“0”なので、グループは2と判定される。同様に(5, 5)の位置にある画素のミーン値は“25”でレンジ値は“0”なので、図12のルックアップテーブルを参照してこの画素はグループ1に属すると判定される。他の画素も同様にグループ化される。図13はこうして得られたグループを画素対応に示す図である。図示のように、第2列の画素はすべてグループ2に属しており、第3列、第4列及び第6列の画素はすべてグループ3に属しており、第5列の画素はグループ1に属している。致命的な欠陥が存在するのは、ミーン値及びレンジ値が小さい値であるスペース領域であるが、上記のようにグループ分けすることにより、グループ1がスペース領域であることがわかる。したがって、グループ1についてのみ、しきい値を低く設定して欠陥を確実に検出するようにし、他のグループについてはしきい値を高く設定して、メタルグレインによるプロセスノイズを欠陥として検出しないようにする。

【0045】次に、図4の(a)に示した欠陥ダイの画像と図4の(b)に示した参照ダイの画像との差画像を図1の差画像メモリ14に格納する。図14はこの差画像における各画素のグレイレベルの差を示す図である。図において、例えば(4, 2)の位置のグレイレベル差“17”は図4の(a)の(4, 2)におけるグレイレベル“75”と図4の(b)の(4, 2)におけるグレイレベル“58”の差“17”である。他の画素に付いても同様である。

【0046】次いで、各グループ毎に差画像に対する欠陥検出用のしきい値を設定する。図12のルックアップテーブルの内容から分かるように、グループ3に属する画素は、ミーン値が80以上のすべての範囲とミーン値が80より小でレンジ値が15以上の全ての範囲を含む広い範囲の画素であり、メタル配線領域が大部分を占める領域の画素がこのグループに属する。また、グループ2に属する画素はミーン値が40～80の範囲で、レンジ値が0～15の範囲の画素であり、やはりメタル配線領域を含む領域の画素がこのグループに属する。このグループ2及び3では配線間ショート等の致命的欠陥はありえないので、欠陥検出用のしきい値を高く設定する。グループ1に属する画素はミーン値が0～40でレンジ値が0～15の範囲の画素であり、このようにミーン値及びレンジ値が小さい領域はスペース領域であるので、ここにおける配線間ショート等の致命的な欠陥を検出するために、しきい値は比較的低く設定する。

【0047】具体的には、図13によれば第2列はグループ2に属する。グループ2内の差画像に対しては例え

ばしきい値を20とすれば、(4, 2)の位置にメタルグレイン等によるノイズがあっても、欠陥としては検出されない。第3列、第4列及び第6列はグループ3に属し、その中の差画像に対しては例えばしきい値を70とすれば、(2, 3)、(4, 4)等の位置にメタルグレイン等によるノイズがあっても、欠陥としては検出されない。

【0048】しかし、第5列はグループ1に属し、その中の差画像に対しては例えばしきい値を20に設定すれば、(4, 5)の位置にあるグレイレベル差“30”は欠陥として検出できる。なお、上記実施例においては、ルックアップテーブルを予め用意して、最適ミーン値及び最適レンジ値がルックアップテーブルに登録されているどのグループに属するかを判定したが、本発明はこれに限定されず、例えば、最適ミーン値及び最適レンジ値の関数としてグループを決定するようにしてもよい。

【0049】また、上記実施例においては、行方向と列方向のフィルタを用いて最適な方向を選択するようにしたが、本発明はこれに限定されず、例えば、比較対象領域が行方向に走行するパターンか列方向に走行するパターンかが予め検査ファイルに登録されていて、検査時に、イメージ取得手段の走査位置情報に基づいてフィルタの方向を適宜切り換えることが可能な場合には、その方向に合ったミーンフィルタとレンジフィルタのみを適用することにより撮像した画素をグループ化してもよい。

【0050】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば激しいノイズ成分が存在するメタル配線領域とメタル配線間のスペース領域とを精度良くグループ分けすることができるので、結果的にメタル配線間のスペース領域におけるショートのような致命的な欠陥を精度良く検出することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるパターン検査装置を示すブロック図である。

【図2】図1における最適演算子算出手段の詳細を示すブロック図である。

【図3】図1の装置によるパターン検査方法を説明するフローチャートである。

【図4】(a)は欠陥ダイの画像のグレイレベルを示す図であり、(b)は参照ダイの画像のグレイレベルを示す図である。

【図5】(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を1×3のミーンフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。

【図6】(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を3×1のミーンフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。

【図7】(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を1×3のレンジフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。

【図8】(a)及び(b)はそれぞれ図4の(a)及び(b)の画像を3×1のレンジフィルタに入力した場合の、そのフィルタの出力値を示す図である。

【図9】図5及び図6に示されたグレイレベルのミーン値うち小さい値を選択した結果を示す図である。

【図10】図7及び図8に示されたグレイレベルのレンジ値うち小さい値を選択した結果を示す図である。

【図11】(a)は図9における欠陥ダイと参照ダイのミーン値のうち小さい方を選択した結果を示し、(b)は図10における欠陥ダイと参照ダイのレンジ値のうち小さい方を選択した結果を示す図である。

【図12】グループ分け用ルックアップテーブルの内容を示す図である。

【図13】図11の値を図12のルックアップテーブルによりグループ分けした結果を示す図である。

【図14】図4に示した欠陥ダイの画像と参照ダイの画像との差画像を示す図である。

【図15】従来技術を説明するための被検査物の画像のグレイレベルを示す図である。

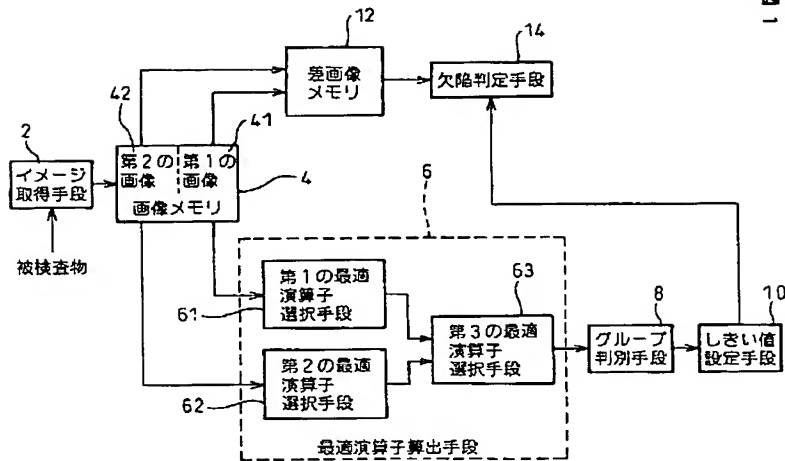
【図16】図15の画像を従来の3×3ミーンフィルタを通して得られたミーン値を示す図である。

【図17】図15の画像を従来の3×3レンジフィルタを通して得られたレンジ値を示す図である。

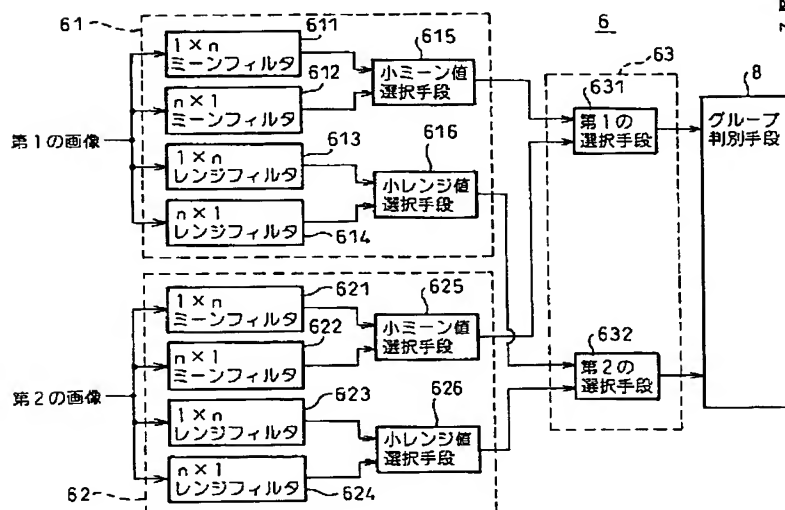
【符号の説明】

- 2…イメージ取得手段
- 4…画像メモリ
- 6…最適演算子算出手段
- 8…グループ判別手段
- 10…しきい値設定手段
- 12…差画像メモリ
- 14…欠陥判定手段
- 611…1×nミーンフィルタ
- 612…n×1ミーンフィルタ
- 613…1×nレンジフィルタ
- 614…n×1レンジフィルタ
- 621…1×nミーンフィルタ
- 622…n×1ミーンフィルタ
- 623…1×nレンジフィルタ
- 624…n×1レンジフィルタ
- 615…小ミーン値選択手段
- 616…小レンジ値選択手段
- 625…小ミーン値選択手段
- 626…小レンジ値選択手段
- 631…第1の選択手段
- 632…第2の選択手段

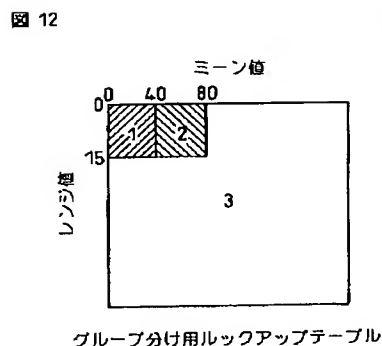
【図 1】



【図2】



【図 12】

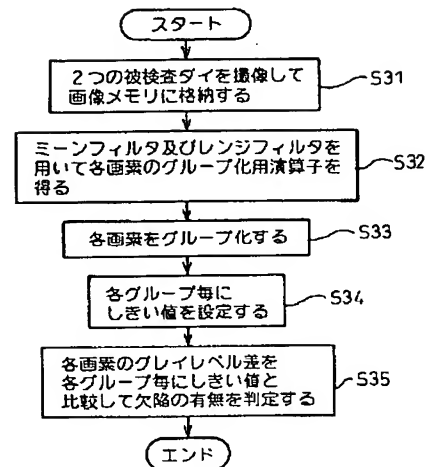


【図13】

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2		2	3	3	1	3	
3		2	3	3	1	3	
4		2	3	3	1	3	
5		2	3	3	1	3	
6		2	3	3	1	3	
7		2	3	3	1	3	
8		2	3	3	1	3	
9		2	3	3	1	3	
10							

グループ表

【図3】

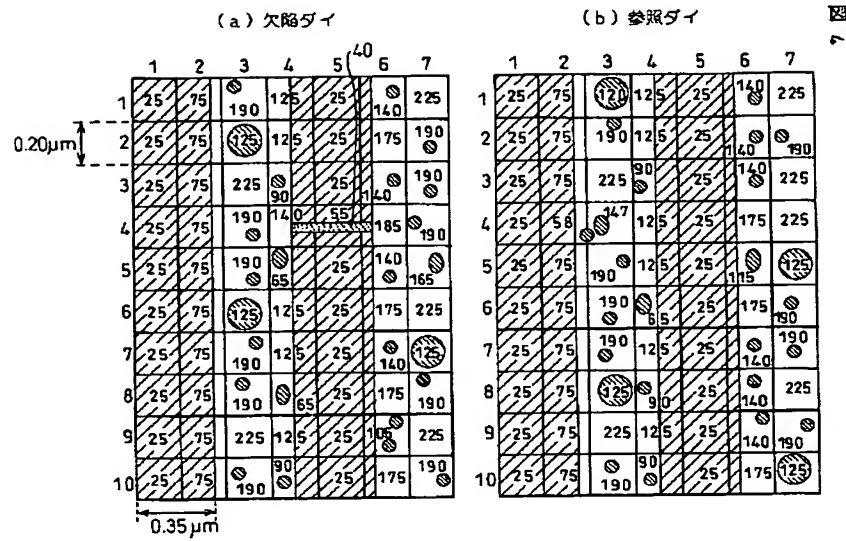


【図14】

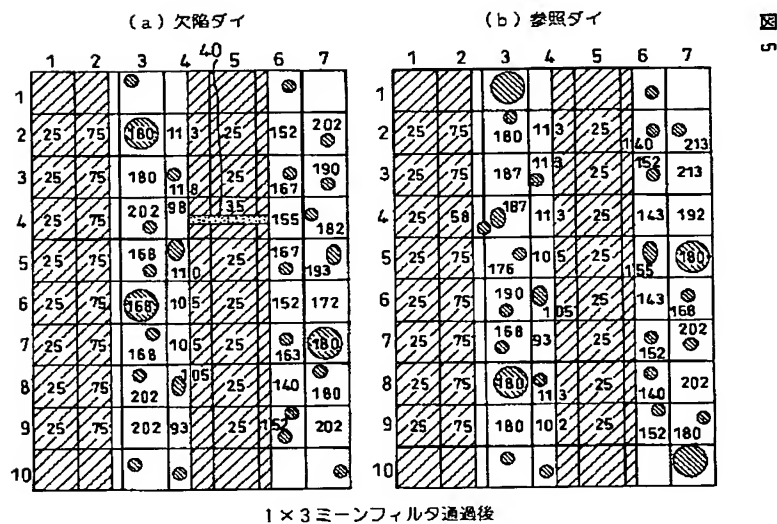
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	65	0	0	0	0
2	0	0	65	0	0	35	0
3	0	0	0	0	0	0	35
4	0	17	43	15	30	10	35
5	0	0	0	60	0	25	40
6	0	0	65	60	0	0	35
7	0	0	0	60	0	0	65
8	0	0	65	25	0	35	35
9	0	0	0	0	0	35	35
10	0	0	0	0	0	0	65

差画像

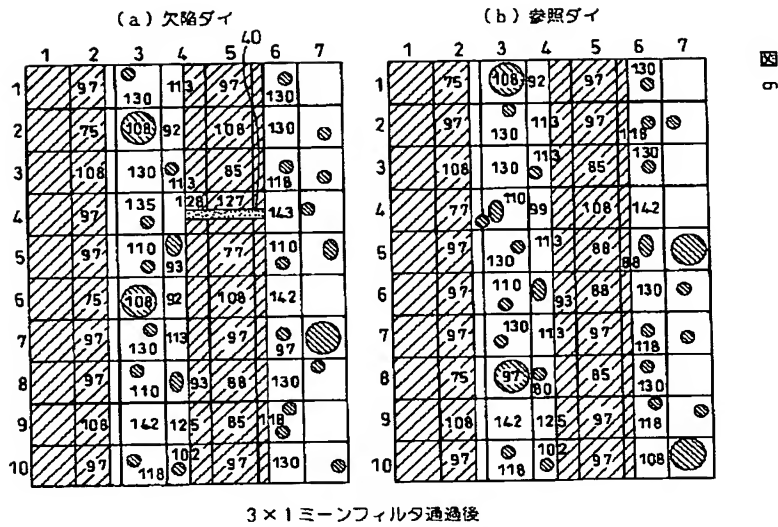
【図4】



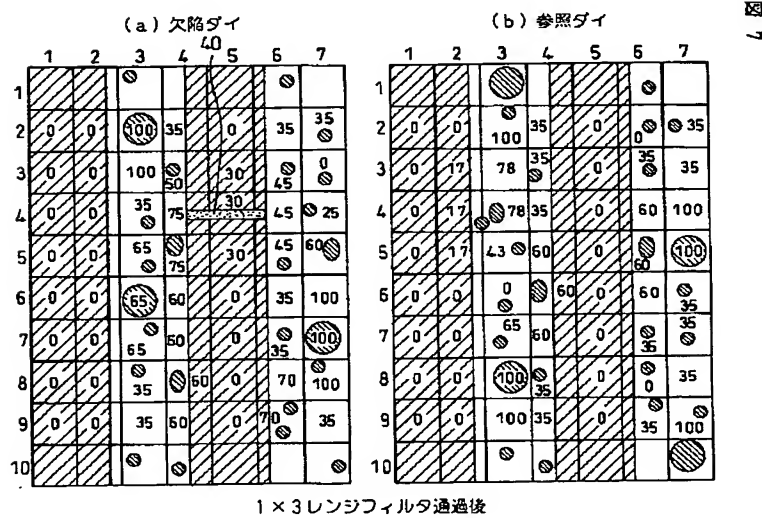
【図5】



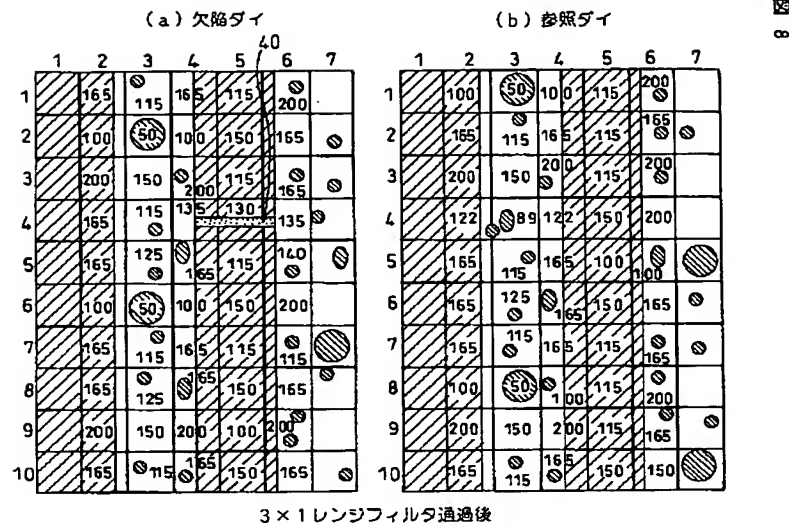
【図6】



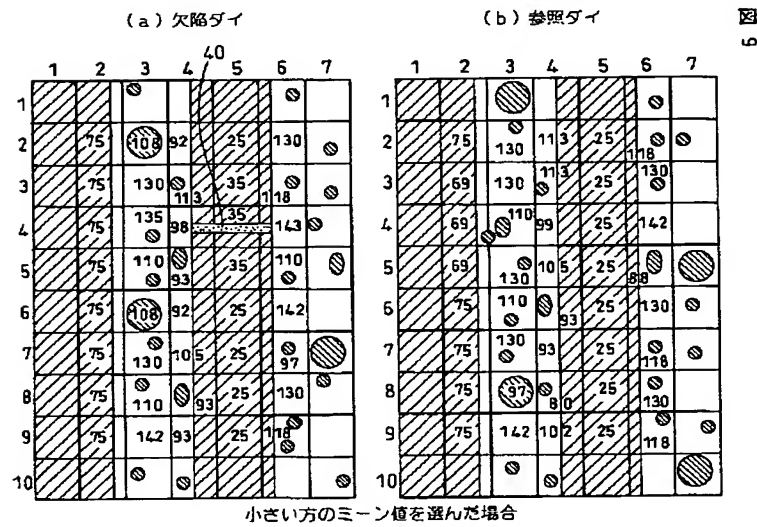
【図7】



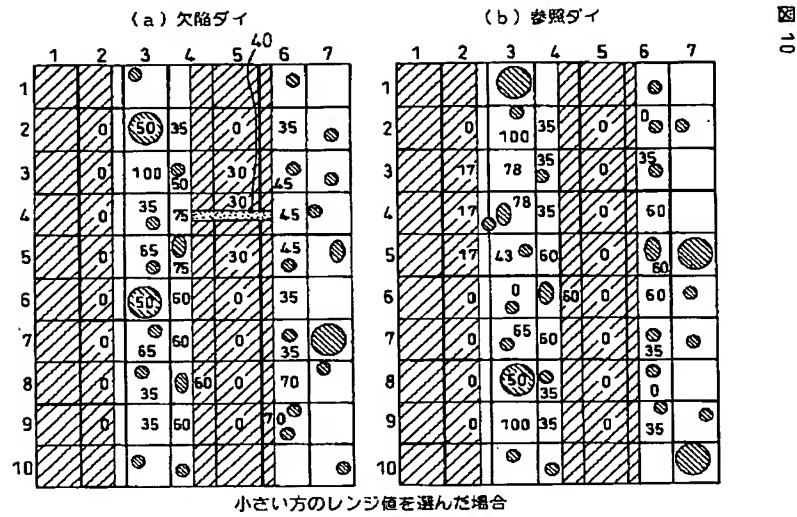
【図8】



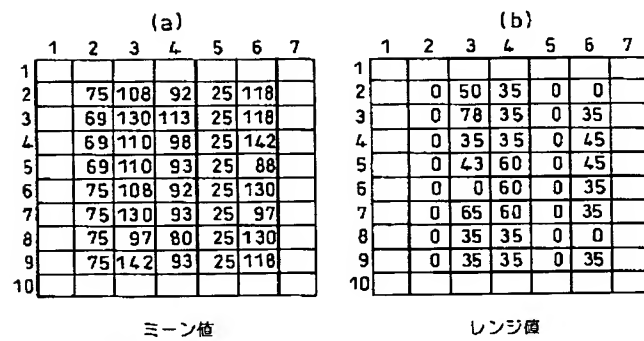
【図9】



【図10】

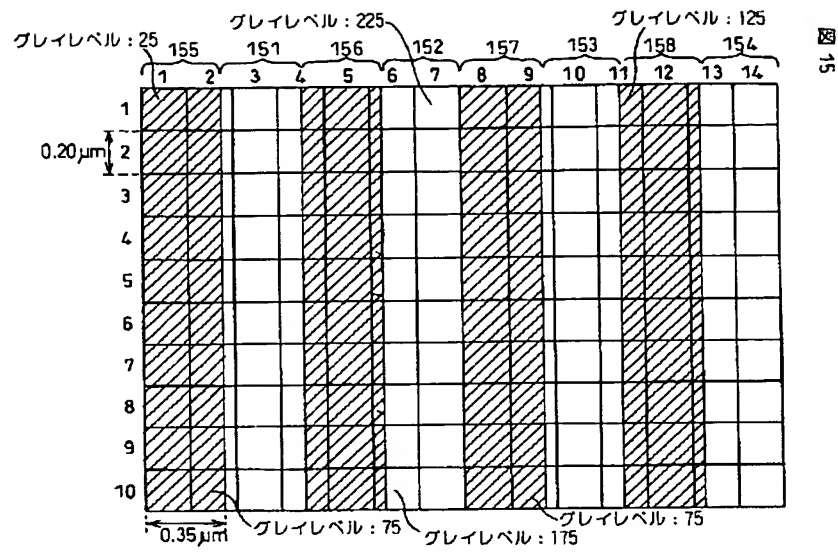


【図11】



欠陥ダイと参照ダイの内、どちらか小さい方を選択した場合

【図15】



【図16】

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
3		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
4		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
5		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
6		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
7		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
8		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
9		108	142	125	92	142	142	108	108	142	125	92	142	
10														

ミーン値 (3×3)

【図 17】

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
3		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
4		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
5		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
6		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
7		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
8		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
9		200	150	200	150	200	200	200	200	150	200	150	200	
10														

レンジ値 (3 × 3)

図 17

フロントページの続き

F ターム (参考) 2F065 AA49 BB02 CC20 DD04 FF04
 JJ03 JJ26 QQ03 QQ08 QQ13
 QQ24 QQ25 QQ33 QQ42 UU05
 2G051 AA61 EA11 EB01 EC03 ED04
 ED07
 4M106 AA01 AA09 BA04 CA39 DB04
 DB20 DB21 DJ11 DJ14